

補助事業番号 19-4

補助事業名 平成19年度先端的技術開発の促進に関する研究等補助事業

補助事業者名 財団法人 機械振興協会

1. 補助事業の概要

(1) 事業の目的

我が国機械工業は、グローバルコンペティションが激化する中で、近年、国際競争力の低下が著しく、産業競争力の強化の必要性が叫ばれている。特に、企業の経営改革や質の高い研究開発等による新しい高付加価値製品の創出や新規事業開拓、拡大が産業競争力の強化に必須の要件として位置づけられている。このような厳しい状況の中で、我が国経済の牽引役の一つである機械工業の競争力強化によるさらなる発展を目的として、先端的技術開発の推進、標準化の推進、付加価値向上の推進、実際的な技術問題解決に必要な調査研究、その成果の普及を実施した。

(2) 実施内容等

①. デジタルマニュファクチャリングに関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/p_eng/digital/h19.htm

本研究では、生産システムをより早く構築するためのシミュレーション技術とその利用の高度化、および工作機械を中心とするリアルタイム監視、割り込み制御技術に基づく生産システムの安全・高利便性運用支援技術の研究を実施した。

シミュレーション技術とその利用の高度化の研究では、三次元設備シミュレーションの利用の適用範囲を拡大し、従来の設備の挙動予測機能のみならず、設備の実制御の機能を同一のシミュレーションモデルで実施する三次元設備シミュレーション技術を開発した。

生産システムの安全・高利便性運用支援技術の研究では、工作機械内の衝突防止支援に着目し、従来手法の課題であった「現場の段取り違いによる工作機械内衝突事故の予知」、「異メーカー・新旧工作機械への適用」などを解決することを目的とした工作機械内衝突防止システムについて研究を行った。

論文発表5件、口頭発表（学会・講習会）18件、誌上発表（新聞・学会誌・書籍等）4件、展示会出展3件、特許出願1件、特許審査請求1件、セミナー実施2件を行い、成果の普及に努めた。

研究開発の実施とともに、得られた成果を国内外の学会発表や「システムコントロールフェア2007」や「2007国際ロボット展」などの展示会に出展して、関連する業界や標準化団体に公表し、成果の普及に努めた。また、関連研究成果や成果を用いた製品を教材としたセミナーを実施することで、研究成果内容をより詳しく周知すること

に努めた。

また、「遠隔監視拡張システム及びユーザ端末」(特願 2006-281507)、「工具衝突防止装置、工具衝突防止方法、及びNCプログラム」(特願特願 2007-341038)について特許出願、「動作状況管理システム及びプログラム」(特願 2005-166736)について出願請求手続きを進めた。

②. 計測技術高度化に関する研究

(a) 製造現場の形状計測向上に関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/P_M/research/2007/index.htm

「ものづくり」を取り巻く環境は急速に変化してきている。それに伴い、製造現場における形状計測への要求も、これまで以上に高度で多様なものになってきている。そこで、本研究では形状計測を対象にする。具体的には製造現場での普及度が極めて高い三次元測定機、真円度測定機及び形状測定機を取り上げ、これらの測定機の比較、不確かさを含めたトレーサビリティ及び高精度化が実現できる方法を検討し、その基礎情報を提案する。

三次元測定機については、低膨張セラミックス製とスチール製のブロックゲージを用いて三次元測定機の温度変化による目盛誤差への影響を調査するとともに、形状測定における不確かさの評価(ISO 15530-2)を行った。また、真円度及び断面形状測定機については、不確かさ要因の評価を行うとともに、倍率校正用標準を評価し、この評価法に関するシミュレーションを行った。

論文発表1件、口頭発表(学会・講習会)4件を行い、成果の普及に努めた。

(b) 透明材料表面層の物性評価技術に関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/P_M/research/characterization/index.htm

高品質な加工面を得るためには表面粗さや形状精度などの幾何学的品質だけでなく、加工変質層の物理化学的・材質的品質の評価が重要であり、これまでラマン分光による評価を進めてきた。近年、様々な分野・用途において優れた特性を有することから注目されているワイドギャップ半導体などの評価が重要な課題となりつつある。しかし、透明材料は光が試料内部まで侵入することから、表面層からの信号を得ることが困難である。このことから透明材料の加工表面層の評価技術の要素技術の開発、評価法の確立を行うことが本研究の目的とした。

ラマン分光法において励起光をより波長の短いレーザを用いることを検討した。紫外ラマン分光測定のための分光装置の改良・整備を進めた。具来的には、ミラー、レンズなどの光学部品などの紫外域での分光特性評価などや、光源の評価を行い、紫外領域での測定のための波長切替システムの設計、製作、検出器の特性評価を行った。ワイドギャップ半導体として代表的な半導体である炭化珪素、ダイヤモンド、珪素ガ

ラスなどの測定を行い基礎データの取得を行った。また、紫外領域のラマン分光評価に関する研究動向・要望などについて、大学・公的研究所・メーカからの調査も行った。

論文発表 6 件、口頭発表 7 件（国際学会 3 件、国内学会 4 件）の発表を行い、成果の普及に努めた。

(c) 材料試験技術の高度化に関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/P_M/research/material_testing/2007/index.htm

近年の工業製品における微細化・高度化に伴い、(1) 複合材料や樹脂材料等の新素材に対応した材料試験技術や、(2) 超微小領域における材料特性評価などの新しい材料試験技術が重要な課題となってきた。そこで本研究では、関連する学会、国際会議等に参加し、材料試験技術に対するユーザーズ、最新の技術動向調査を行うとともに、以下に示すような課題を設定し検討を行った。また、口頭発表(国際学会)3件を行い、成果の普及に努めた。

(1) 多軸材料試験

負荷方向により機械的性質が全く異なる新素材に対応するためには、多軸材料試験機を実現する必要がある。多軸試験機実現のため、パラレルメカニズムによる六軸の位置・力制御が可能なシステムを考案した。より実用条件に近い材料評価方法の確立を目指すため、昨年度試作した 6 軸小型モーションテーブルを一部改造し、効率よく実験が進められるよう制御ソフトウェアの改良を進め、基本的な動作実験を行った。

(2) 超微小硬さ試験

測定結果への試料の面性状が及ぼす影響を把握するため、試料表面の凹凸や傾きなどの三次元形状を把握可能な光学系を超微小硬さ試験機に組み込んだ装置を試作した。傾きが試験結果に及ぼす影響を把握するため、試料面の角度を変化させて実験を行った。また、三次元形状把握の性能を評価するために試料表面の傾きだけでなく、これまで AFM などを用いて測定されていた圧痕の三次元観察を行った。

③. 加工技術高度化に関する研究

(a) 硬脆材料の超精密加工に関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/p_eng/brittlematerial/h19.htm

ガラスが延性的に切削される切取り厚さは $0.1\mu\text{m}$ 程度であり、正面切削では除去体積が微少なために加工能率は非常に低い。回転工具を用いたフライカットでは工具切取り厚さと切込み量は異なり、延性切削が可能な微少な切取り厚さで仕上げ面が生成される。したがって、延性切削の限界を大幅に超えた切込み量でも延性切削が可能となり、正面切削加工と比較すると飛躍的な除去体積の増加が可能となる。昨年度までの研究では、フライカットによって正面切削の数十倍の切込み量で延性切削を実現し

たが、鏡面は得られなかった。本年度は加工面の品質向上を目的とし、cBN 工具等を用いてフライカットによるガラスの高能率・高精度延性切削加工の研究を行う。

ガラスのフライカットにおける切削力を高い時間分解能(200MHz)で収集し、切削力波形の特徴を確認した。加工条件と切削力の関係を調査し、基礎的なデータを収集した。加工時の切削力波形を観察することにより、切削力波形の形状から加工状態の判別を可能にした。単結晶ダイヤモンド工具による加工を行い、工具の輪郭形状と表面粗さが加工面に与える影響を調査した。超硬合金とバインダレス cBN による加工を行い、切削工具と逃げ面摩耗の関係、切削溝長さとの加工面粗さの関係、工具逃げ面粗さと加工面粗さの関係、切削溝とクラック割合の関係を調査した。エアタービンスピンドルによる加工を行い、高速回転軸による高能率・高品位加工への基礎実験を行った。

硬脆材料に微細穴加工が可能とされるダイヤモンドコーティングドリルと一般的な工作機械(操作フライス盤に超精密高速スピンドルを付加)とによる石英ガラスの微細穴加工実験を行った。

口頭発表 8 件(当所主催の研究会・一般公開 3 件、学会 2 件、講演会 2 件)、展示会 出展 4 件を行い、成果の普及に努めた。

(b) 加工機械用要素性能向上に関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/p_eng/module/h19.htm

工作機械に用いられる位置決め機構について、文献による調査や、学会や研究会、展示会等を通じて情報収集を行った。そして、それらの情報を元に、従来のモータとボールねじを組み合わせた機構と、リニアモータ駆動機構の長所・短所について考察を行った。また、外部からの振動や加工反力の変動が位置決め精度に与える影響について考察し、実験装置の設計を行うとともに、使用する装置の選定を行った。展示会 出展 1 件を行い、成果の普及に努めた。

(c) 温度制御による加工技術信頼性向上に関する研究

http://www.tri.jspmi.or.jp/p_eng/heat_control/h19.htm

本年度は、LHP の設計・試作を行うとともに、来年度の試験結果も含めて LHP の伝熱理論の確立を目指す。

機械加工時の温度制御は、工具自体の寿命を延ばす、さらに製作品の均一性を確保するために重要な課題である。現状は、切削油を使用した温度制御が広く行われているが、切削油の使用量が多く、また正確な温度制御が行われないなどの欠点があった。さらに、大量の切削油を使用しているため、環境問題への対応も不可欠となっている。この問題を解決するため、流体の潜熱を利用し、使用冷媒量を抑え、さらに冷媒還流の動力を最小限とする技術の開発が求められている。このために、ヒートパイプ(H P:Heat Pipe)の技術を応用した無動力の熱制御素子(ループヒートパイプ、LHP : Loop Heat Pipe)の研究を行った。

本研究においては、HPの理論を基にしてLHPの熱輸送限界である最大熱輸送量の解析手法を確立した。さらに、安全性と取扱いよさが求められるLHP用作動流体の調査を行い、安全性に優れ、使用材料との適合性がある作動流体と材料を選定した。その結果を用いて、数十W程度の熱を数メートル輸送できるLHPの設計を行った。さらにこの設計結果を図面化し、LHPの試作を行った。

また、「地上用ループヒートパイプ用蒸発器」(特願 2007-206412)について特許を出願した。

2. 予想される事業実施効果

① デジタルマニュファクチャリングに関する研究

当所が実施している産業界との連携を推進する基盤的生産技術研究会、関連する標準化団体、企業との共同研究会において、開発したシステムの実用化の評価や普及活動を実施している。これにより、関連研究成果の一部が製品化され普及が進んでいる。

また、開発したシステムは、学会、外部講習会、新聞、誌上、一般の展示会などで発表し、産業界から好評をいただいている。このような活動を通じて、開発したシステムの産業界への普及を進める。

② 計測技術高度化に関する研究

(a) 製造現場の形状計測向上に関する研究

熱の影響を考慮した温度補正法等が確立されることにより、生産現場の製品精度向上が大きく期待できる。

(b) 透明材料表面層の物性評価技術に関する研究

研究成果の発表などを通して多くの問い合わせがあった。ラマン分光測定において、励起波長の選択は非常に重要であり、より多様な材料を対象とした、加工面の評価が可能となり、今後さらにその重要性が増してくると考えられる。また、紫外ラマン分光はさまざまな分野で注目をされている手法であるが、これまではそのレーザの取扱いの困難さから、一般に用いられてこなかった。本研究では、ラマン分光法への適用例はないが、半導体検査装置として実績のある全固体連続波レーザに着目し、メーカーからの支援を受けて、ラマン分光への適用を試み、これまでの測定と比べて非常に簡単に紫外ラマンを行えることが可能であることを示した。これによって、加工面の評価のみならず広い分野への適用が期待される。

(c) 材料試験技術の高度化に関する研究

多軸試験機は現在実用化されておらず、標準の試験方法などが存在しない。したがって、実際の利用状態を想定したシミュレーション実験など、利用価値が高く、需要

が高い分野で多軸荷重試験技術が確立できれば、当所での受託試験への展開、さまざまな産業での利用・普及が期待できる。

使用用途・範囲の拡大が著しい超微小硬さ試験は、さらに定量的で高精度な測定が期待されている。したがって、今後は解析法において本研究で検討したような傾きや湾曲の影響を試験結果に反映するような手法の実現が期待される。また硬度測定からそのまま圧痕の三次元形状を観察できるようなシステムは非常に利便性が高く、総合的な物性評価試験として、超微小硬さ試験のさまざまな産業での利用・普及が期待できる。

③ 加工技術高度化に関する研究

(a) 硬脆材料の超精密加工に関する技術

フライカットによるガラスの延性切削加工で得られる加工面は、光学鏡面には至っていない。今年度の研究では、工具逃げ面の表面粗さと加工面の表面粗さには相関関係があるという結果を得ており、良好な工具逃げ面の表面粗さとその維持が加工面品質の向上に重要である事が実験結果より確認できた。フライカットによる鏡面切削が実現すると、高能率かつ高精度なガラス加工の新たな手法として光学機器業界への貢献は大きい。

本研究によって取得できたデータを公開することにより、硬脆材料の微小径ドリル加工の高精度高能率化へ寄与するものと考えられる。

(b) 加工機械用要素性能向上に関する研究

リニアモータの弱点である外乱の影響を受けやすい点が解消されることにより、超精密加工が容易になり、高精度の製品や、高品位の製品がより一般的になっていくものと考えられる。また、リニアモータは、使用する位置決めセンサとシリアル通信するものが多いが、この方式だと、制御装置側が位置決めセンサの情報を利用できなくなり、使い勝手が非常に悪くなってしまう。本件研究が普及すればその問題点が顕在化し、位置決めセンサ信号の他チャンネル化が進み、リニアモータの採用が増えるものと思われる。

(c) 温度制御による加工技術信頼性向上に関する研究

本研究によって取得できたデータを公開することにより、LHP を用いた温度制御は、切削油の使用量を大幅に減少させ、温度制御のための動力を必要としないため環境配慮の点で優れていることが実証できる。さらに、本システムは、機械加工のみならずパソコン、サーバー、液晶テレビ等の機械産業、さらには住宅用機器においての利用が期待できる。

3. 本事業により作成した印刷物等

<KSK-GH19-1>デジタルマニファクチャリングに関する研究報告書

<KSK-GH19-2>計測技術高度化に関する研究報告書

<KSK-GH19-3>加工技術高度化に関する研究報告書

一般公開・講演会のパンフレット

4. 事業内容についての問い合わせ先

団体名：財団法人 機械振興協会（キカイシンコウキョウカイ）

住 所：事 務 局：105-0011

東京都港区芝公園3-5-8

技術研究所：203-0042

東京都東久留米市八幡町1-1-12

代表者：会長 豊田 章一郎（トヨタ ショウイチロウ）

担当部署：技術研究所 管理部 企画室（ギジュツケンキュウショ カンリブ キカクシツ）

担当者名：室長 長島 清隆（チョウジマ キヨタカ）

電話番号：042-475-1157

f a x：042-476-4870

E-mail：chojima@tri.jspmi.or.jp

U R L：<http://www.tri.jspmi.or.jp/>